

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

Autoproducción de Elementos Pedagógicos Impresos en Modelos 3D para el Aprendizaje en las Asignaturas:

1778 Mecánica del Cuerpo Humano
1009 Biomecánica

Clave del Proyecto PAPIME: PE110124

Responsable: Dr. Lázaro Morales Acosta
Becario: Estefanía Medellín Pérez

Semestre: 2026-1



Agradecimientos



Este trabajo se desarrolló en el marco del proyecto PAPIME, clave PE110124, gracias al apoyo institucional y los recursos proporcionados.

Tabla de Contenido



- ▶ Alternativas al Software
 - ▶ Conceptos Básicos
- ▶ Herramientas del Software

Softwares Alternativos

Gratuitos



3D Slicer

De código abierto. Plataforma completa para investigación, con herramientas de segmentación, visualización 3D y análisis. Ideal para proyectos académicos y desarrollo.

ITK-SNAP

Especializado en segmentación de estructuras anatómicas, especialmente en neuroimagen. Interfaz intuitiva y algoritmos semi-automáticos.

Horos

Para usuarios macOS. Basado en OsiriX, ofrece visualización DICOM y reconstrucción 3D. Equilibrio entre simplicidad y funcionalidad.

Ginkgo CADx

Visualizador DICOM multiplataforma con herramientas básicas de reconstrucción 3D y soporte para plugins.

Softwares Alternativos

De Paga



Mimics Innovation Suite

Alta precisión para ingeniería médica y diseño de implantes. Usado en entornos clínicos e industriales profesionales.

Amira-Avizo

Enfoque en visualización científica y cuantificación 3D. Utilizado en investigación biomédica y ciencia de materiales.

OsiriX MD

Certificado para diagnóstico en macOS. Herramientas avanzadas de post-procesamiento y compatibilidad completa con PACS.

Siemens syngo.via

Para usuarios macOS. Basado en OsiriX, ofrece visualización DICOM y reconstrucción 3D. Equilibrio entre simplicidad y funcionalidad.

Philips IntelliSpace Portal

Plataforma colaborativa para análisis avanzado de órganos específicos y soporte para decisiones clínicas.

Softwares Alternativos

Software Especializado



Brainstorm

Gratuito. Especializado en neurociencia y análisis de EEG/MEG con integración de imágenes por resonancia magnética.

SlicerRT

Extensión gratuita de 3D Slicer para planificación de radioterapia y análisis de dosis.

MITK

Framework gratuito para desarrollo de aplicaciones médicas con herramientas de interacción avanzada.

OsiriX MD

Certificado para diagnóstico en macOS. Herramientas avanzadas de post-procesamiento y compatibilidad completa con PACS.

Tabla de Contenido



- ▶ Alternativas al Software
 - ▶ **Conceptos Básicos**
- ▶ Herramientas del Software

¿Qué es inVesalius?



Es un software libre de código abierto que permite la reconstrucción tridimensional (3D) de imágenes médicas obtenidas mediante tomografía computarizada (TC) o resonancia magnética (RM).

Orientado principalmente a profesionales del área médica; para planificación quirúrgica, prótesis personalizadas o investigación.

Escala de Hounsfield



La escala Hounsfield (HU) o también conocida como “escala de números TC”, es una escala cuantitativa utilizada en los estudios de tomografía axial computarizada para describir los diferentes niveles de radiodensidad de los tejidos humanos.

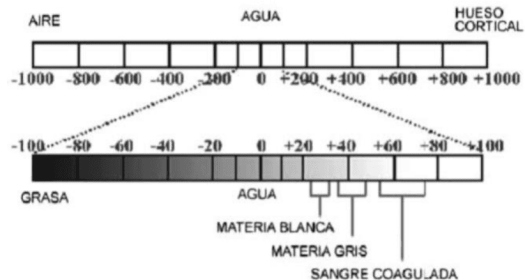


Figura: Escala de Hounsfield

Escala de Hounsfield



Hounsfield unit formula

$$HU = \left(\frac{\mu_{\text{material}} - \mu_{\text{water}}}{\mu_{\text{water}}} \right) \times 1000$$

Figura: Formula Escala de Hounsfield

- ▶ μ : Coeficiente de atenuación lineal de TC
- ▶ μ_{tejido} : Coeficiente de atenuación del tejido
- ▶ μ_{agua} : Coeficiente de atenuación del agua

Tejido / Sustancia	Valor HU Aproximado
Aire	-1000
Pulmón	-700 a -500
Grasa	-100 a -50
Agua	0
Tejido blando / Músculo	+30 a +80
Sangre coagulada	+60 a +100
Hueso esponjoso	+150 a +300
Hueso cortical	+700 a +2000
Metal (implantes)	> +3000

A mayor densidad → mayor μ → mayor HU.

Figura: Valore de cada Tejido Segun la Escala de Hounsfield

Escala de Hounsfield

En InVesalius



El software emplea esta escala para segmentar los diferentes tejidos. Al seleccionar un rango de HU, el usuario puede aislar una región específica, por ejemplo:

- ▶ Para visualizar hueso esponjoso, se selecciona un rango intermedio, en este caso: ($\sim 50 - 300$ HU).
- ▶ Para reconstrucciones óseas completas (hueso cortical), se usa un rango alto (>500 HU).

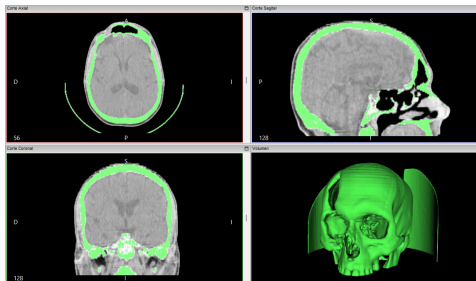


Figura: Interfaz InVesalius

Archivo DICOM



DICOM significa Digital Imaging and Communications in Medicine, un estándar internacional para almacenar y transmitir imágenes médicas junto con todos sus metadatos relevantes.



Figura: Imágenes DICOM

Cada archivo DICOM contiene imagen(es) y metadatos como datos del paciente, tipo de estudio y equipo utilizado, asegurando una vinculación permanente entre imagen e información clínica

Tomografía Computarizada (TC)



La tomografía computarizada (también llamada escáner o TAC) es una técnica de imagen médica que utiliza rayos X para obtener cortes transversales (secciones) del cuerpo.

El resultado es una serie de imágenes bidimensionales que el software puede reconstruir en 3D para visualizar órganos, huesos y tejidos.

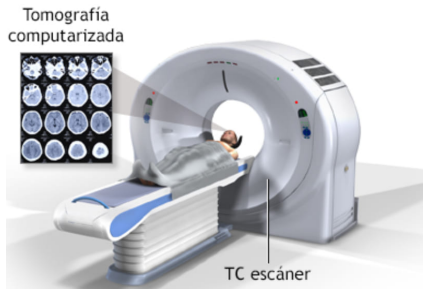


Figura: Máquina para realizar TC

Resonancia Magnética (RM)



La resonancia magnética es una técnica de imagen médica que usa campos magnéticos y ondas de radio para generar imágenes detalladas de los órganos y tejidos blandos. No utiliza radiación ionizante, a diferencia de la tomografía.

Es ideal para detectar lesiones en tejidos blandos que no se ven bien con rayos X o TC.

Cerebro, médula espinal, músculos, ligamentos y órganos internos como hígado o riñones, etc.



Figura: Imágenes RM

TC vs RM



criterio	criterio	criterio
Tipo de energía	Rayos X (radiación ionizante)	Campos magnéticos y ondas de radio
Tiempo de adquisición	Rápido (segundos a minutos)	Más lento (20 a 60 minutos)
Visualización de huesos	Excelente	Limitada
Visualización de tejidos blandos	Aceptable	Excelente
Aplicaciones típicas	Fracturas, traumatismos, tórax, abdomen	Cerebro, médula, ligamentos, músculos
Uso de radiación	Sí	No
Costo y disponibilidad	Más económico y ampliamente disponible	Más costoso, menor disponibilidad
Compatibilidad con implantes	Compatible	Puede estar contraindicada con metales (marcapasos, etc.)
Uso en reconstrucción 3D	Ideal (valores HU permiten segmentación precisa)	Posible, pero menos detallado en hueso

Figura: Ventajas y Desventajas de TC y RM

Tomógrafo



El tomógrafo es el equipo médico que realiza las tomografías computarizadas. Tiene forma de aro o túnel por donde pasa la camilla con el paciente.



Figura: Tomógrafo

¿Cómo funciona?

- ▶ **Emisión de rayos X:** Un tubo emite rayos X que giran alrededor del paciente.
- ▶ **Detección:** Detectores ubicados en el anillo registran la cantidad de radiación absorbida por los tejidos.
- ▶ **Reconstrucción:** Una computadora reconstruye los datos en imágenes 2D (cortes axiales), que pueden procesarse en 3D.

Resonador Magnético



Un resonador magnético es un equipo médico que utiliza campos magnéticos intensos y ondas de radio para obtener imágenes detalladas del interior del cuerpo, especialmente de tejidos blandos.

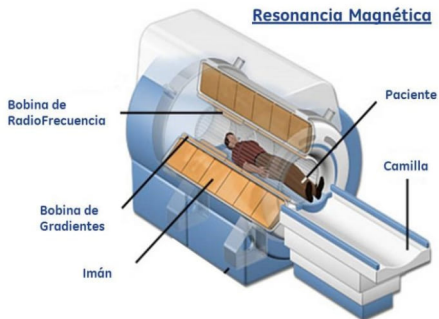


Figura: Resonador Magnético

¿Cómo funciona?

- ▶ Usa un imán potente para alinear los protones del cuerpo (principalmente del agua).
- ▶ Emite ondas de radio que alteran esa alineación.
- ▶ Al dejar de emitir, los protones vuelven a su estado original, generando señales que se convierten en imágenes detalladas.

Tomógrafo vs Resonador Magnético



Propiedad	Tomógrafo (CT)	Resonador (MRI)
Forma del equipo	Aro corto y relativamente abierto	Cilindro largo y cerrado
Tiempo de estudio	Rápido (segundos / minutos)	Más largo (20-60 minutos)
Tipo de imagen	Cortes axiales reconstruidos en 3D	Volumen de alto detalle sin radiación
Ideal para...	Hueso, pulmones, traumatismo	Tejidos blandos, sistema nervioso, órganos
Radiación	Sí (rayos X)	No (sin radiación)
Comodidad del paciente	Espacio más amplio y menos incómodo	Puede generar claustrofobia en espacios cerrados

Figura: Comparación entre Tomógrafo y Resonador Magnético

Tabla de Contenido



- ▶ Alternativas al Software
 - ▶ Conceptos Básicos
- ▶ Herramientas del Software

Herramientas Principales

Cargar Datos



Cargar los Datos

- ▶ Se importan imágenes en formato DICOM desde tomografías o resonancias.
- ▶ InVesalius agrupa las imágenes en un volumen tridimensional.



Herramientas Principales

Región de Interés (ROI)

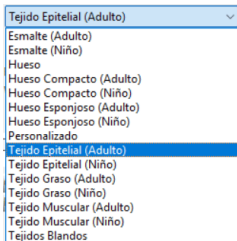


Figura: Opciones Predeterminadas

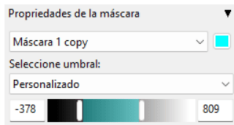


Figura: Rango Personalizado

Definir ROI

- ▶ Se selecciona un rango de valores Hounsfield
- ▶ También se puede realiza una segmentación automática/manual para destacar estructuras específicas.

Herramientas Principales

Exportación a Formatos 3D



Exportación a Formatos 3D

- ▶ Exportación a formatos como STL o OBJ, compatibles con impresoras 3D y software CAD.

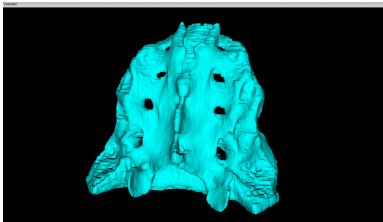


Figura: Modelo Terminado en InVesalius

- ▶ Ideal para impresión 3D de prótesis, modelos anatómicos o guías quirúrgicas.

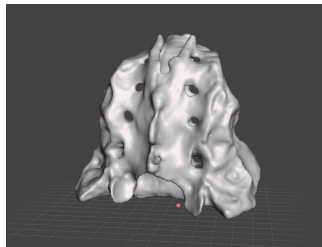


Figura: Modelo STL Mejorado

Herramientas Principales

Edición Manual



Edición Manual

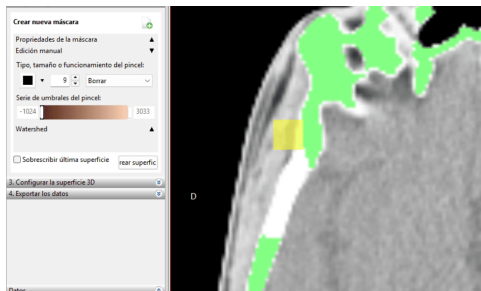


Figura: Modelo Terminado en InVesalius

- ▶ Permite al usuario corregir o ajustar manualmente la segmentación.
- ▶ Se pueden agregar o quitar áreas en cortes axiales, coronales o sagitales.
- ▶ Útil cuando el software no segmenta correctamente por ruido, artefactos o estructuras complejas.

Aplicaciones



Aplicaciones

- ▶ Planificación quirúrgica (cirugías ortopédicas, maxilofaciales, neurocirugía).
- ▶ Diseño de prótesis y órtesis personalizadas.
- ▶ Educación médica: modelos anatómicos interactivos.
- ▶ Investigación biomédica y desarrollo de dispositivos médicos.



Figura: Aplicaciones

Ventajas de InVesalius



- ▶ Gratuito y de código abierto
 - ▶ amigable y en español
 - ▶ Exportación directa a STL
- ▶ Compatible con formato DICOM
- ▶ Requisitos bajos de hardware

Desventajas de InVesalius



- ▶ Menos herramientas avanzadas que softwares de pago
 - ▶ Edición manual limitada
- ▶ No disponible para macOS (nativamente)
 - ▶ Actualizaciones poco frecuentes

Bibliografía



- ▶ Global Ultrasonido. (s.f.). ¿Cómo está conformado un archivo DICOM? Recuperado de <https://globalultrasonido.cl/es-global/blogs/noticias/como-esta-conformado-un-archivo-dicom>
- ▶ LaDob3D. (s.f.). Las mejores prótesis hechas con impresora 3D. Recuperado de <https://ladob3d.com/las-mejores-protesis-hechas-con-impresora-3d>
- ▶ DriCloud. (s.f.). Formato DICOM. Recuperado de [https://dricloud.com/formato-dicom/?srsltid=AfmB0oqNMs7\\$__\\$HLVjiiXwGe3UZHiQvKh5-VHwnc1ELGZ5E02-s4eYM-MV](https://dricloud.com/formato-dicom/?srsltid=AfmB0oqNMs7$__$HLVjiiXwGe3UZHiQvKh5-VHwnc1ELGZ5E02-s4eYM-MV)
- ▶ Clínica UNER. (s.f.). ¿Qué es más efectivo, un TAC o una resonancia? Recuperado de <https://clinicauner.es/que-es-mas-efectivo-un-tac-o-una-resonancia>
- ▶ Medicaí. (s.f.). DICOM en imágenes médicas. Recuperado de <https://www.medicaí.io/es/dicom-en-imagenes-medicas>
- ▶ Resobert. (s.f.). Diferencia entre escáner y resonancia magnética. Recuperado de <https://resobert.es/pruebas-radiologicas/diferencia-escaner-resonancia-magnetica>

Bibliografía



- ▶ Global Ultrasonido. (s.f.). ¿Cómo está conformado un archivo DICOM? Recuperado de <https://globalultrasonido.cl/es-global/blogs/noticias/como-esta-conformado-un-archivo-dicom>
- ▶ Valente, A., & colaboradores. (2019). Reconstrucción 3D en imágenes médicas: métodos y aplicaciones. HAL. <https://hal.science/hal-02017067/document>
- ▶ Anales RANM. (2023). Uso clínico de la tomografía computarizada y resonancia magnética. Anales RANM, 140(2). https://analesranm.es/revista/2023/140_02/14002_rev01
- ▶ 3DicomViewer. (s.f.). Cambiar su rango de unidades Hounsfield. Recuperado de <https://3dicomviewer.com/es/cambiar-su-rango-de-unidades-hounsfield>
- ▶ Radiopaedia. (s.f.). Hounsfield unit. Recuperado de https://radiopaedia-org.translate.google/articles/hounsfield-unit?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc